

## PCS - Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais

### Engenharia de Computação

**Tema: PREDICTION OF SOCIOECONOMIC INDICATORS IN VALE DO RIBEIRA USING DEEP LEARNING AND SATELLITE IMAGERY**

#### Motivação / Contexto

Medidas-chave de indicadores socioeconômicos são essenciais para auxiliar a tomada de decisões políticas, mas devido aos altos custos associados à coleta desses dados, a obtenção dos mesmos continua sendo um desafio. No cenário brasileiro, a coleta de dados ocorre tipicamente a cada dez anos, o que cria uma lacuna de dados que prejudica a interpretabilidade dos resultados. Com a crescente disponibilidade de imagens de satélite e o baixo custo de execução, o uso de aprendizagem de máquina para prever tais indicadores é muito promissor, apresentando-se como uma alternativa para os esforços tradicionais de coleta de dados.

#### Objetivos

Este trabalho visa desenvolver um método de aprendizagem profunda barato e escalável que utiliza imagens de satélite para estimar o indicador socioeconômico de renda dos municípios brasileiros de São Paulo e Paraná, com enfoque no estudo do Vale do Ribeira.

#### Métodos e Procedimentos

I) Aquisição e Agregação de Dados: sobreposição de uma malha quadriculada sobre a região de interesse, com blocos de aproximadamente 45km<sup>2</sup> de área.

Para cada bloco, um indicador médio de renda foi calculado como sendo a média ponderada entre a renda dos municípios, fornecida pelo censo de 2010 do IBGE, e as suas respectivas áreas contidas no bloco. As imagens de satélite diurnas e noturnas foram obtidas através da plataforma Google Earth Engine.

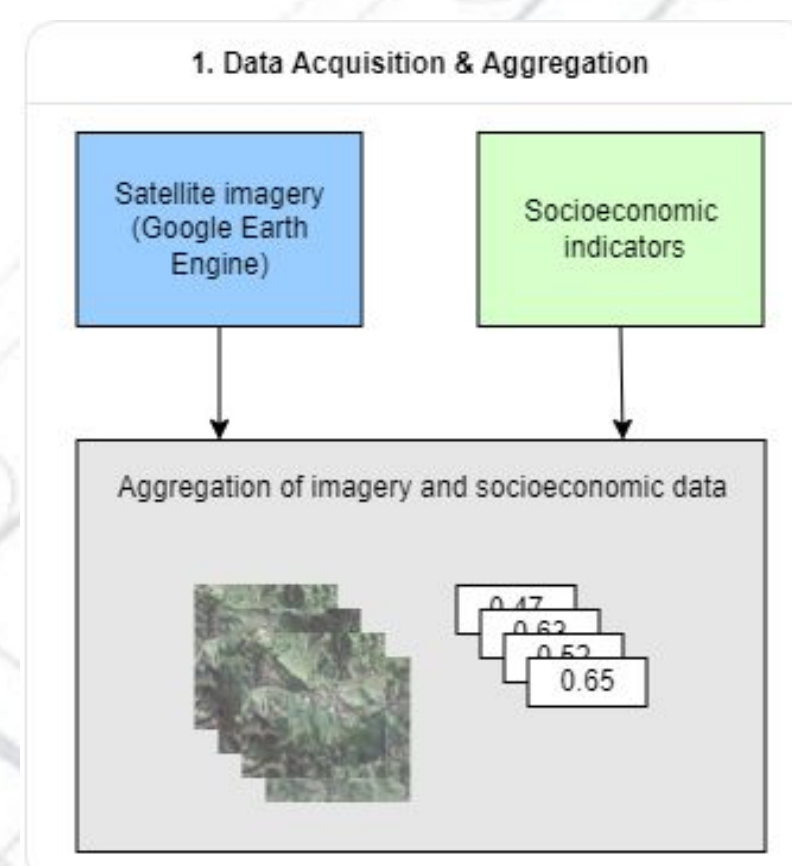


Figura 1: Aquisição e agregação de dados.

II) Extração de *features*: modelos de redes ResNet-18 pré-treinados foram modificados para adaptar imagens de satélite multi-banda e usados para extrair os vetores de características das imagens. A função de perda utilizada foi o erro quadrático médio (MSE). O treinamento seguiu uma validação cruzada 5-fold;

III) Regressão Ridge: concatenação dos vetores de características e refinamento do modelo utilizando uma regressão ridge. A função de perda utilizada foi o MSE. O treinamento seguiu uma validação cruzada de *leave-one-group-out*;

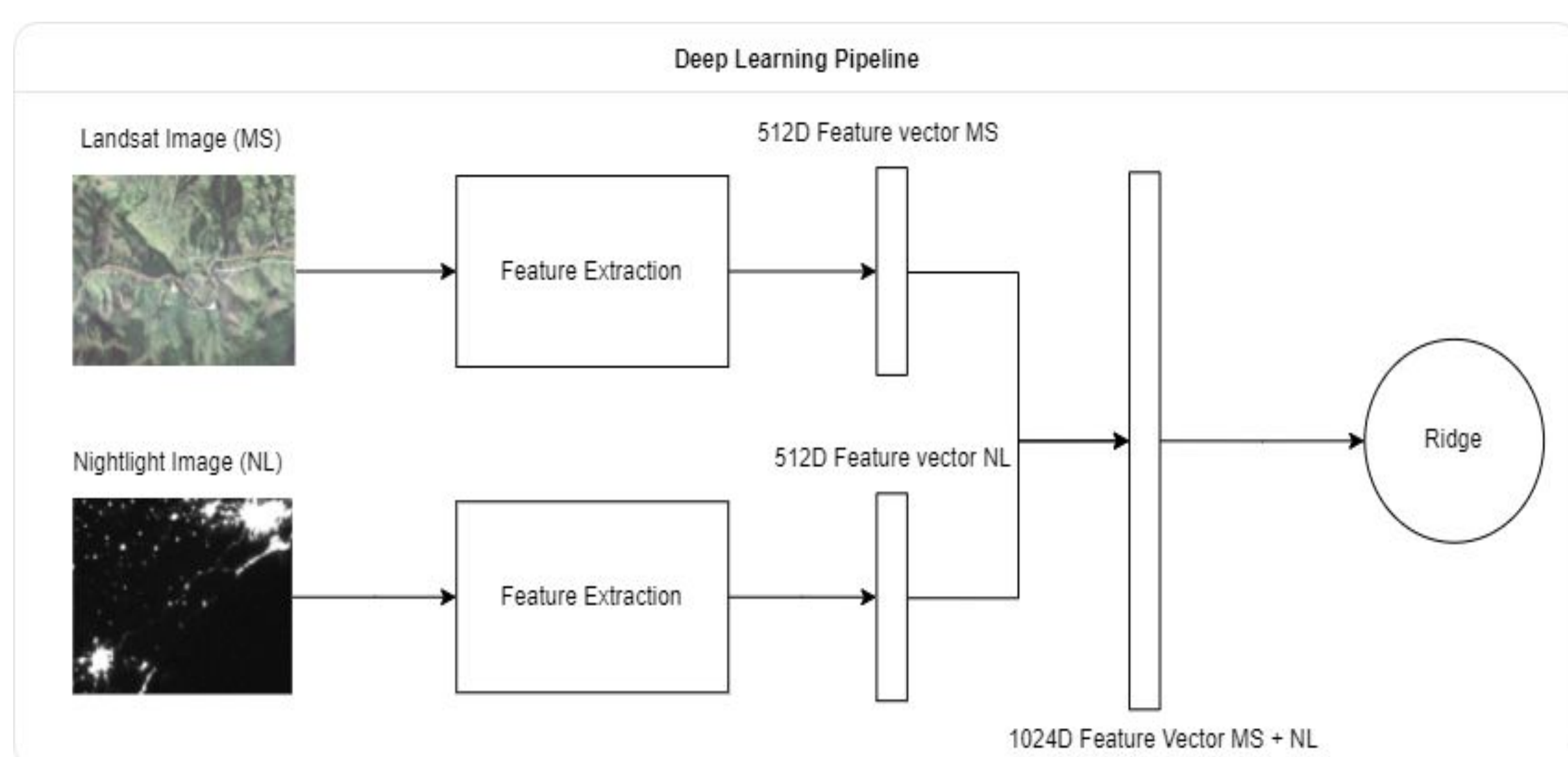


Figura 2: Fluxo de trabalho - aprendizagem profunda.

IV) Análise de resultados: cálculo de métricas de desempenho, tais como o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

#### Resultados

- Coeficiente de determinação entre os valores observados e previstos para o modelo:  $R^2 = 0.4016$ .

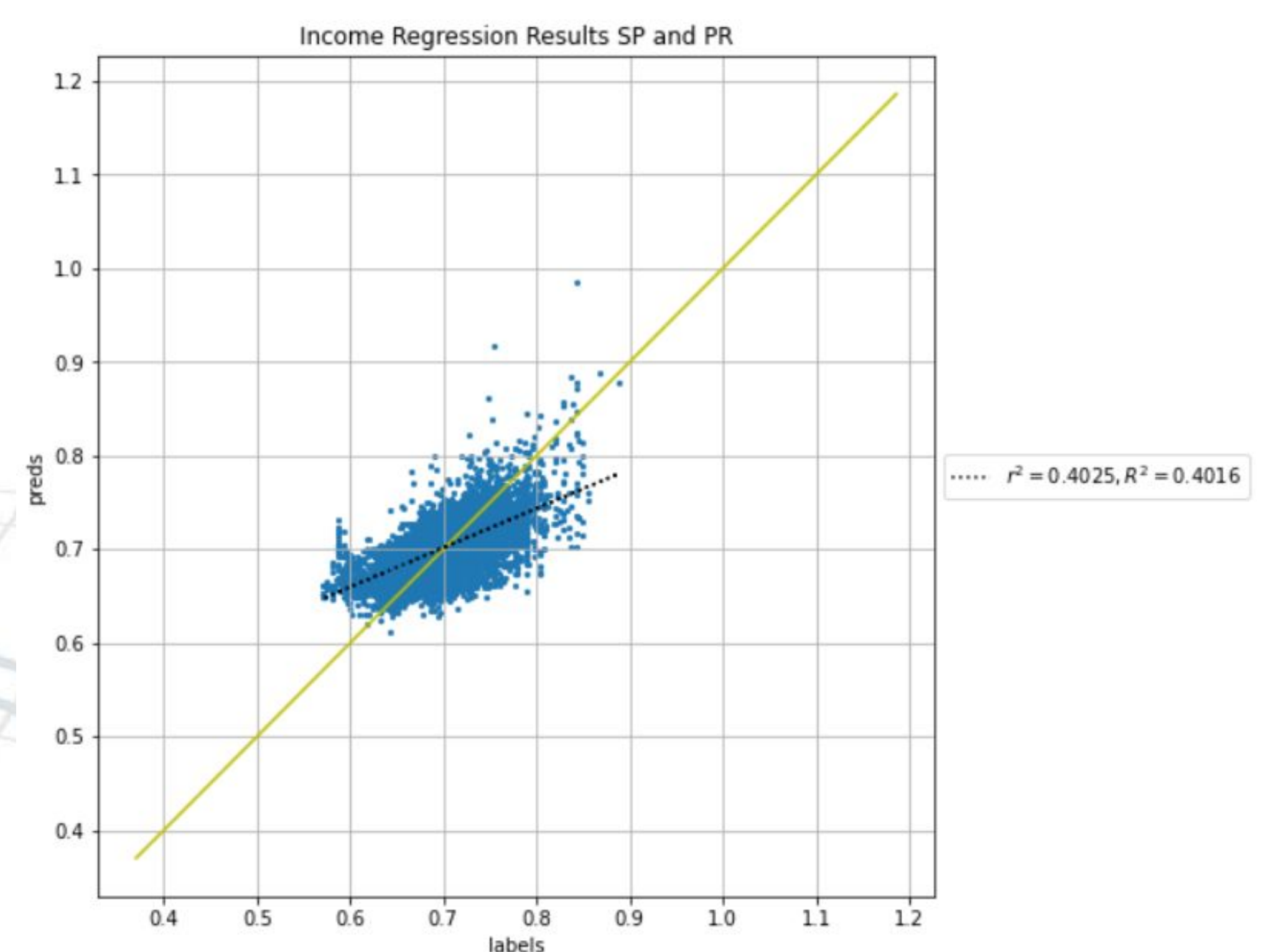


Figura 3: Plot de regressão. A linha pontilhada corresponde à linha de melhor ajuste.

- Para fins de comparabilidade, o treinamento também foi realizado utilizando somente imagens multiespectrais diurnas (MS), noturnas (NL) e considerando apenas as bandas RGB.

	r2	R2	mse	rank
Resnet-18 MS+NL concat	0.402498	0.401582	0.001038	0.623075
Resnet-18 MS	0.361431	0.359598	0.001110	0.579774
Resnet-18 NL	0.252676	0.251166	0.001298	0.437445
Resnet-18 RGB	0.229353	0.227948	0.001339	0.430193

Figura 4: Métricas finais.

- Coeficientes de determinação considerando os valores reais como os índices de renda fornecidos pelo IBGE e os previstos como os índices calculados utilizando média ponderada e os valores obtidos pelo modelo:

SP & PR	Vale do Ribeira
$R^2 = 0.394$	$R^2 = 0.267$

Tabela 1: Coeficientes de determinação SP/PR e VR.

#### Conclusão

Este trabalho contribui com uma metodologia de coleta de dados e com um modelo de aprendizagem profunda para prever indicadores socioeconômicos no território brasileiro. Com um  $R^2 = 0.4016$ , o modelo apresentou as melhores métricas em comparação aos outros abordados no projeto, sendo consideravelmente melhor do que o modelo treinado apenas com as bandas RGB, o que confirma a relevância do uso de imagens de satélite na previsão de dados socioeconômicos.

#### Referências

[1] YEH, C. et al. Using publicly available satellite imagery and deep learning to understand economic well-being in Africa. Nat Commun 11, 2583 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16185-w>